



유청 단백질과 면역

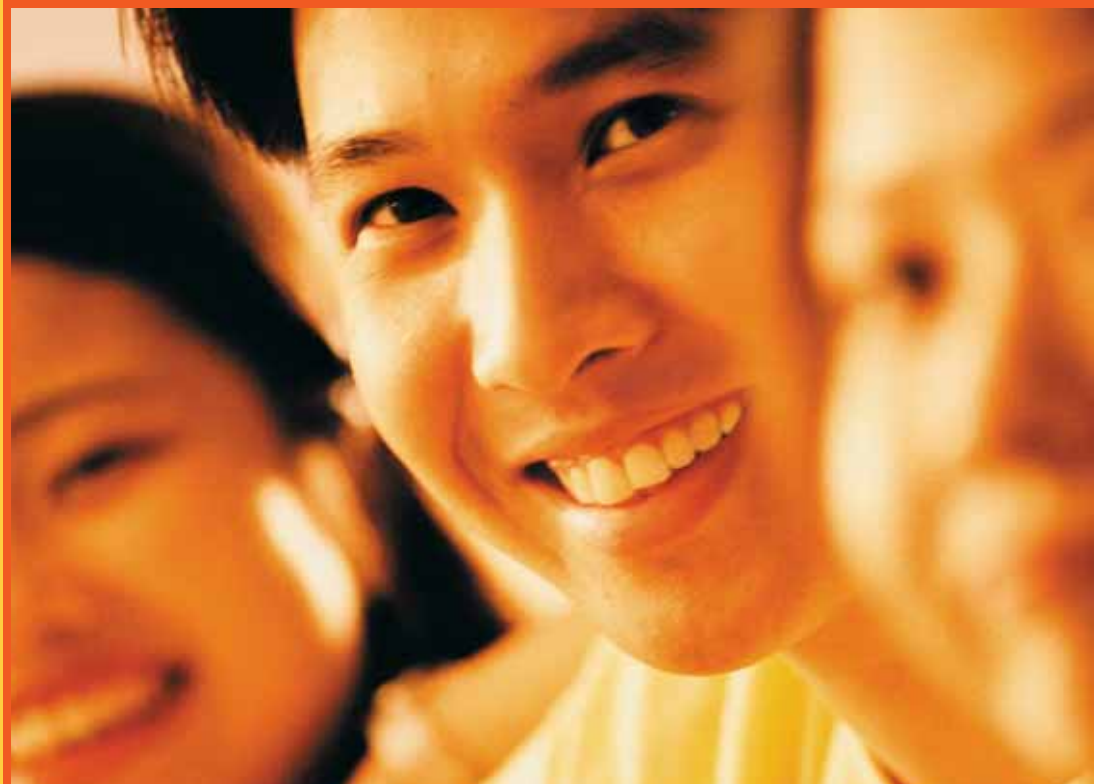
폴 크립 (Paul Cribb) 슘
콜로라도 AST 스포츠과학연구소장
칼라 소렌슨 (Carla Sorensen) 감수
미네소타 유청단백질 연구소장

독특한 구조를 가진 유청 단백질은 단순한 고품질의 아미노산 공급원 이상의 생물학적 기능을 한다. 유청 단백질은 세포배양 연구와 동물모델의 면역기능 조절에 이용되는 희귀한 원료 중 하나로, 최근에는 활동적인 성인에게도 효과가 있다는 새로운 과학적 증거가 밝혀지고 있다.

무수한 질병에 걸리지 않기 위해서는 우선적으로 튼튼한 면역성이 요구된다. 운동, 바쁜 일상생활 및 노화는 면역성을 저하시킨다. 건강한 면역체계를 가지기 위해서는 영양 상태가 좋아야 하는데, 조사에 의하면 영양학적 관점에서 봤을 때 건강을 유지하고 질병을 예방할 수 있도록 면역기능을 최적화하기 위해서는 균형 잡힌 식단 만으로는 부족하다.

대부분의 단백질 공급원들과 비교해 볼 때, 유청 단백질은 면역기능의 핵심적인 몇 가지 특성들을 최적화한다는 점에서 차별화된다. 그 메커니즘이 정확하게 밝

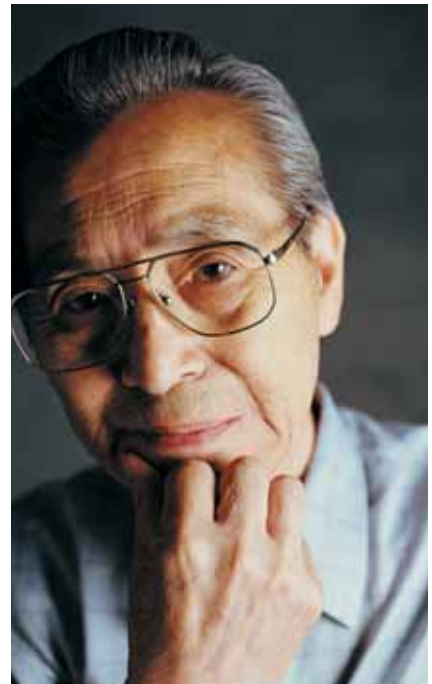
혀지진 않았지만, 유청 단백질은 다양한 세포 내에서 글루타티온 (GSH) 생성을 촉진하고 근육의 글루타민 저장소를 보존하는 방식으로 면역기능을 조절하는 것으로 알려져 있다. GSH는 다양한 면역기능을 관장하는 체내 노화 방지 체계의 핵심이고 근육 글루타민은 면역 체계에 필수 불가결한 연료이다. 따라서, 유청 단백질이 포함된 식단을 섭취할 경우 면역성이 강화되고 다양한 연령대의 활동적인 사람들 그리고 상대적으로 약한 면역체계를 가진 사람들 모두의 건강을 증진시킬 수 있다.



면역체계 소개

면역체계는 박테리아, 기생충, 바이러스와 같은 외부 미생물로부터 신체를 보호해주는 세포, 기관, 분자들로 구성된 거대하고 복잡한 네트워크이다. 면역체계는 수백만에 달하는 외부 침입자들을 인식하는 능력이 있으며, 이러한 외부 침입자에 대해 면역반응을 일으키는 것을 항원이라고 부른다.⁴⁴ 면역체계가 외부 물질의 침입을 막는 방법에는 여러 가지가 있는데, 1) 피부나 점액질의 멤브레인 같은 원자 방어막은 미생물의 침입을 물리적으로 막는다. 2) 체온이나 산성도 같이 미생물의 증식을 막고 미생물을 죽이는 생리적인 방어막도 있다.⁵⁰ 만약 외부 물질이 이들 방어막을 뚫고 진입한 경우, 항원을 공격, 제거하기 위한 또 다른 세포 프로세스들이 촉발된다. 건강을 유지하기 위해 이러한 핵심적인 과정들이 하루에도 수백 번씩 일어나며 절대로 중단되는 법이 없다.

면역체계는 종종 비특이적(non-specific) 면역과 특이면역(specific defenses)으로 나뉜다.¹⁵ 특이면역 방어는 정확성 및 기억력으로 대변된다면²¹, 대식 세포나 자연살해세포 같은 비특이적 면역 방어는 특정한 항원 지표(marker) 없이 외부 미생물을 공격, 파괴한다. 특이면역 방어에는 B세포와 T세포(lymphocytes)가 필요하다. 이 두 세포들만이 과거 침입자를 어떻게 퇴치했는지 기억할 수 있으므로 모든 백신의 기초가 된다.²⁹ 특이면역 방어에는 두 개의 인지전략이 사용된다. 첫째는 B세포에서 추출한 용해성 플라즈마 단백질인 항체 또는 면역글로블린으로 구성되는 체액성 면역 반응이 있는데, 이는 외부 물질에 반응해서 합성된다.¹¹ 두번째 특이면역 방어는 T림프구가 바이러스에 감염된 세포나 암세포를 바로 공격해서 제거하는 직접 세포 면역 반응이다.⁶⁴ 일부 T세포들은(helper T세포라고 부름) 다른 면역 세포들과 교통하여 이들을 끌어오는 시토킨과 같은 화학물질을 생성한다.⁶¹ 이러한 모든 방어 체계가 함께 작동하면서 외부 미생물을 퇴치할 때 시너지 효과를 일으키게 된다.^{15,29}



면역기능에 영향을 미치는 생활상의 요소

노화

노화는 일상의 생물화학적 프로세스로부터 생성되는 유리기(free radicals)의 증가를 의미하며 이는 산화 스트레스(oxidative stress)로 이어질 수 있다.³⁸ 산화 스트레스는 세포 멤브레인과 단백질에 손상을 주며 노화와 연관된 많은 질병을 일으킨다.⁶⁵ 면역시스템의 핵심 역할은 산화 스트레스를 감소시키는 것이다.⁵⁸ 건강하게 장수하는 사람들은 튼튼한 면역 반응을 유지하는 최적의 세포 방어 메커니즘을 가지고 있는 것으로 알려져 있다.²



신체적 건강상태

심장병을 예방하고 장수하는데 있어, 특히 남성의 경우 개인의 신체적 건강상태(심장의 효율성)가 중요한 요소로 대두되고 있다.¹⁷ 신체적 건강상태를 개선하기 위해서는 반드시 정기적으로 활발하게 운동을 해야 한다. 그러나 과학자들은 운동을 지나치게 하거나 너무 장시간 하게 되면 신진대사에 부담을 주어 면역세포 기능이 저하된다는 사실을 최근 발견했다.⁴⁷ 운동은 면역 시스템에 직접적인 영향을 미친다—운동은 신체 내 림프구의 확산에 영향을 주며 이들 면역 세포의 대부분이 순환되지 않도록 한다. 숙주 보호 단계(Host defense activation)에서 일어나는 이런 일시적인 억제를 “면역 억제 의 열린 창(open window of immune suppression)”이라고 부른다.^{44,46} 이러한 면역시스템의 일시적인 억제는 6시간에서 48시간에 걸쳐 지속되는데 이때 활동적인 사람이 운동 중 감염에 노출될 확률이 증가한다.^{44,46}

생활상의 요소와 식습관이 운동에 대한 면역 반응에 영향을 미치는 중요한 요인임을 뒷받침하는 증거들이 많이 밝혀지고 있다.³¹ 최적의 영양섭취가 동반되지 않는 운동은 면역 기능의 저해를 가져올 수 있다.³¹

운동을 즐기는 많은 사람들이 자신의 근육과 면역 시스템이 긴밀하게 연결되어 있다는 사실을 모르고 있다. 아미노산 글루타민은 면역 기능의 중요한 연료가 되는데 주로 근육 조직 내에서 만들어진다.⁵³ 이 아미노산은 면역 세포를 통해서 생성되지 않으며 근육을 통해서만 공급될 수 있다.⁶¹ 면역 시스템은 대량의 글루타민을 지속적으로 요구한다. 신진대사에서 요구하는 양이 합성율을 초과하게 될 때 문제가 생긴다. 스트레스를 유발하는 생활 요소(부적절한 영양섭취 및 수면부족)와 지나친 운동이 결합되면 몸에서 요구하는 글루타민의 양이 합성 능력을 초과해 버리게 될 것이다.⁵³ 이런 경우 운동 능력의 감소로 이어지게 되는데, 더욱 심각한 것은 여기에 그치지 않고 감염이 지속적으로 일어나게 되며 만성피로증후군과 같은 만성 질병에 걸릴 수 있다는 점이다.^{50,53}



유청 단백질이 글루타민 수치를 개선시킬 수 있다는 것이 여러 연구를 통해 입증되었다. 글루타민은 면역 기능의 원천이 되는 핵심 연료이다.

식습관과 삶의 질 사이의 관계는 다양한 연구분야에서 나타나고 있다.¹ 종합적으로 보면, 핵심적, 그리고 비핵심적인 식이 요소들이 질병 예방을 돕는 면역 기능 개선 능력이 있음을 입증하는 증거들이 다양한 역학적, 임상 전(pre-clinical) 및 임상 연구를 통해 나타나고 있다. 그러나 미국을 비롯한 많은 나라의 성인 식단을 보면 면역 시스템을 최적화하기에 충분한 영양소를 섭취하지 않는 것으로 나타났다.^{1,2,48,51}

면역 반응을 촉발시키고 유지하려면, 신속한 단백질 합성이 요구되며 바로 이런 이유에서 아미노산(단백질 구성의 기초 단위)이 면역 기능의 핵심이 된다.³¹ 단백질을 적절하게 섭취하지 못할 경우 면역이 저해되며, 특히 T세포 시스템에 해를 끼쳐 감염이 발생할 수 있는 기회가 늘어나게 된다.²⁹ 그러나, 영양학적으로 적절한 식단에 포함된 단백질의 종류가 면역 시스템의 효율에 영향을 줄 수 있다는 연구 결과가 많이 나오고 있다.^{9,11-14,64}

면역기능을 관장하는 영양소의 작용을 설명함에 있어, 조절(modulation)이라는 표현을 가장 선호한다는 점을 이해하는 것은 중요하다.²² 조절이라 함은 면역을 증진시키는데 있어 영양소가 가지는 개선작용 및 억제 반응을 모두 포함하는 개념이다.²²

유청 단백질의 면역 강화 기능

검증된 시험관 및 생물체 모델을 통해 면역기능을 조절한다는 것이 밝혀진 몇 안 되는 성분(또는 보조식품) 중의 하나가 바로 유청 단백질이다. 이 기능은 측정이 가능한, 면역력 활성을 꾀하는 건강의 향상 정도와 긴밀한 상관관계를 가진다.^{7,14,30,40,55}

유청 단백질은 전체 우유 단백질의 20%를 구성하며, 유제품 단백질 중에서 가공성 등급으로 분류된다.^{35,46} 유청 단백질은 주요 우유 단백질인 알파락트알부민과 베타락토글로불린을 비롯, 부수적인 요소인 세럼 단백질, 락토페린, 면역글로불린과 조직 성장 요소들까지 포함하는 종합적인 용어이다.²³ 이들은 개별적으로 다양한 면역 기능을 조절하는 면역 강화 요소들로 알려져 있다.²² 유청 단백질 요소들은 프리바이오틱(prebiotic) 효과, 조직 재건 촉진, 장내 무결성 보전(maintenance of intestinal integrity), 병원균 파괴 및 독성물질 제거 등 일련의 생물학적 기능과 연관되어 있다.^{19,62} 시중에 판매되고 있는 농축 유청 단백질(WPC)과 분리 유청 단백질(WPI)은 이런 이종의 단백질들을 풍부하게 혼합한 혼합물이다.^{29,37} 따라서 본 보고서는 WPC(주로 WPC80)와 WPI 성분을 식단에 반영해서 얻은 데이터를 근간으로 한다.



일부 시판 제품의 일반적인 아미노산 구성 섭취량 100g당 구성비

아미노산	농축 유청 단백질 80%	분리 유청 단백질
트립토판	1.20 g	1.50 g
트레오닌	5.36 g	6.25 g
이소류신	4.80 g	5.90 g
류신	8.08 g	13.00 g
리신	7.84 g	9.15 g
메티오닌	1.60 g	2.05 g
시스테인	2.72 g	3.10 g
페닐알라닌	2.48 g	2.30 g
티로신	2.24 g	3.15 g
발린	4.45 g	5.35 g
아르기닌	2.00 g	2.65 g
히스티딘	1.20 g	1.35 g
알라닌	4.08 g	6.00 g
아스파르트산	8.00 g	9.00 g
글루탐산	13.28 g	13.00 g
글리신	1.36 g	2.35 g
프롤린	5.12 g	4.80 g
세린	4.08 g	5.00 g

출처 : 미국 유청 제조회사의 제품 및 스펙 자료와 영양 분석 자료. 제품별로 차이가 있으니 정확한 정보가 필요하면 해당 공급업체에 연락하기 바람.

WPC를 식단에 첨가할 경우 현재 의학계에서 사용하고 있는 다양한 백신 항원에 대한 일차적 그리고 이차적 장내 추적 항체 반응(tract antibody responses)이 크게 개선되는 것으로 나타났다.⁴⁰ 한 연구조사에 따르면, 전체 단백질의 20%를 WPC에서 섭취하는 설치류의 경우, 일반적인 식단을 섭취한 쥐에 비해 인플루엔자 백신, 디프테리아와 파상풍 변성 독소, 소아마비 백신, 오브알부민(ovalbumin) 및 콜레라 독소에 대한 면역 반응이 훨씬 우수한 것으로 나타났다.⁴⁰ 식단에 WPC를 추가한 결과 단기실험(2주) 및 장기실험(12주) 모두 다양한 면역 상황에서 항원별 항체의 수치가 높아지는 결과를 얻었다.^{40,41}



특이면역 반응성에 있어 가장 중요한 단계 중 하나는 바로 일련의 항원 반응성 림프구를 생성하기 위한 클론 증식(clonal expansion)이다.²² 실험을 용이하게 하기 위해, 살아있는 생물체의 면역세포 확장은 B세포나 T세포를 타겟으로 하는 미토젠의 세포 배양을 추가함으로써 촉진되었다. 시중에 나와있는 단백질원을 서로 비교 연구한 결과를 보면, 특이면역 반응성을 증진시키는데 있어 유청 단백질의 우수성이 명확하게 드러난다.^{8-14,30}

장내 기생충 감염에 대응하여, 알파락트알부민이 강화된 유청 단백질(일일 단백질 섭취량의 20%)을 섭취한 쥐의 경우 카제인이나 분리 콩 단백질을 섭취한 쥐보다 총 백혈구세포(CD4+와 CD8+)와 림프구의 수가 훨씬 많으며 비장 세포에 의한 시토킨 생성도 높은 것으로 나타났다.³⁰ 이러한 결과는 배설물 낭포체 생성평가(감염 정도 측정)와 통합되어 유제품 단백질이 면역 반응성에 미치는 영향이 콩 단백질보다 훨씬 크며 따라서 감염의 심각성을 낮추어준다는 사실을 증명한다.³⁰

체액성 면역 반응은 항체 생성율과 외부 미생물의 점증률을 관장하므로, 특이면역의 핵심적인 요소로 인식되고 있다.¹¹ 유청 단백질, 콩, 카제인, 밀, 옥수수, 계란흰자, 생선, 소고기와 스피루리나 맥시마(spirulina maxima) (모두 일일 단백질 섭취의 20%로) 등의 단백질 공급원이 미치는 영향을 비교 분석한 연구결과를 보면, 유청 단백질을 섭취한 동물의 경우 외부 미생물에 대한 체액성 면역 반응과 항체 생성율이 월등히 높은 것으로 나타났다.^{8,9,11-14} 유청 단백질의 이러한 면역 증진 효과는 최소 6종의 서로 무관한 쥐들 사이에서 관찰되었으며, 유청 단백질을 섭취한 경우 다른 식이 단백질 공급원보다 면역 반응이 5배나 높아진 경우도 있었다.^{8,11} 면역 자극(immune stimulus)을 주지 않은 쥐의 경우, 단백질의 종류가 몸의 성장, 식품 섭취, 단백질의 세립 수치 및 순환 백혈구의 수에 거의 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

그러나, 면역 공격(immune challenge)에 대응해, 유청 단백질이 체액성 면역(쥐의 비장 내 플라크 형성 세포로 측정)을 발달시켜 전통적으로 “정상적인” 반응이라고 여겨졌던 수준을 뛰어넘는 T세포 의존형 항원으로 개선시킬 수 있다는 것이 밝혀졌다.^{8,9,12}

체액성 반응에 유청 단백질이 미치는 영향을 확인하기 위해, 동일한 연구원들은 여러 단백질을 섭취한 후 폐렴알균(pneumococcal) 감염에 대한 저항수준을 조사하는 별도의 연구를 시행했다.¹⁴ WPC를 섭취한 쥐(20g/100g 단백질 식이)가 카제인을 섭취한 쥐보다 폐렴구균(*Streptococcus pneumoniae*)에 의한 치명적인 감염에 대한 저항성이 월등하게 우수했다.¹⁴ 이 감염에 대한 후천성 면역는 체액성 반응에 상당히 의존하고 있다. 여러 연구 내용을 종합해보면, 특이면역의 핵심인 이 기능을 최적화하는데 있어 유청 단백질이 가장 효과적인 것으로 나타났다.¹⁴

세포매개면역에 서로 다른 단백질이 미치는 영향을 조사해 온 연구에서도 유청 단백질의 긍정적인 영향이 증명되었다.⁶⁴ 쥐의 경우, 균형 잡힌 식단에 WPC를 첨가하자 발바닥 지연형 과민증 반응(footpad delayed-type hypersensitivity response, T세포 매개면역 반응 평가에 이용됨)을 비롯, 체액성 반응과 호중구 기능이 개선되었다.⁶⁴ 이러한 WPC의 면역 강화 속성은 분리 대두 단백질을 섭취한 경우와 비교할 시 더욱 잘 드러난다.⁶⁴

유청 단백질은 다른 중성구 반응들도 개선시키는 것으로 나타났다. WPC 또는 락토펜과 락토펜시다제(lactoperoxidase)의 혼합물로 보충을 하게 되면 중성구의 기능이 강화되어 자유기의 생성을 중화하고 노화 스트레스를 최소화 해준다.⁶³ 그 밖에도, 락토펜을 식단에 첨가할 경우 T세포 매개 자연 살해 세포의 기능이 강화되는데 이는 거대세포 바이러스 감염에 대한 저항력을 강화시킨다.⁶⁵





면역에 있어 글루타티온과 유청 단백질의 역할

글루타티온(GSH) 항산화제 시스템은 오염, 독성물질, 운동과 자외선 노출로 인한 산화성 스트레스로부터 세포를 보호하는 기본적인 메커니즘이다.⁵⁸ 면역 시스템의 가장 핵심적인 역할은 산화성 스트레스를 줄이는 것이다.⁵⁸ 따라서, GSH의 적절한 섭취야말로 효과적인 면역 시스템을 유지하는데 있어 가장 중요한 요소이다.^{6,58,65}

GSH는 세 가지의 아미노산-시스테인, 글루타메이트(glutamate)와 글리신(glycine)-을 이용해 반드시 세포 내에서 합성되어야 한다.⁶⁵ 그러나, 시스테인은 GSH 생성에 있어 속도 제한 아미노산이다.^{43,58} 세포 내 GSH 비율을 GSSG 수준으로 높게 유지하고 산화성 스트레스에 대항할 수 있는 최적의 방어 시스템을 구축하기 위해 플라즈마와 세포 내 시스테인을 적절하게 공급하는 것이 무엇보다도 중요하다.^{6,37,58,65}

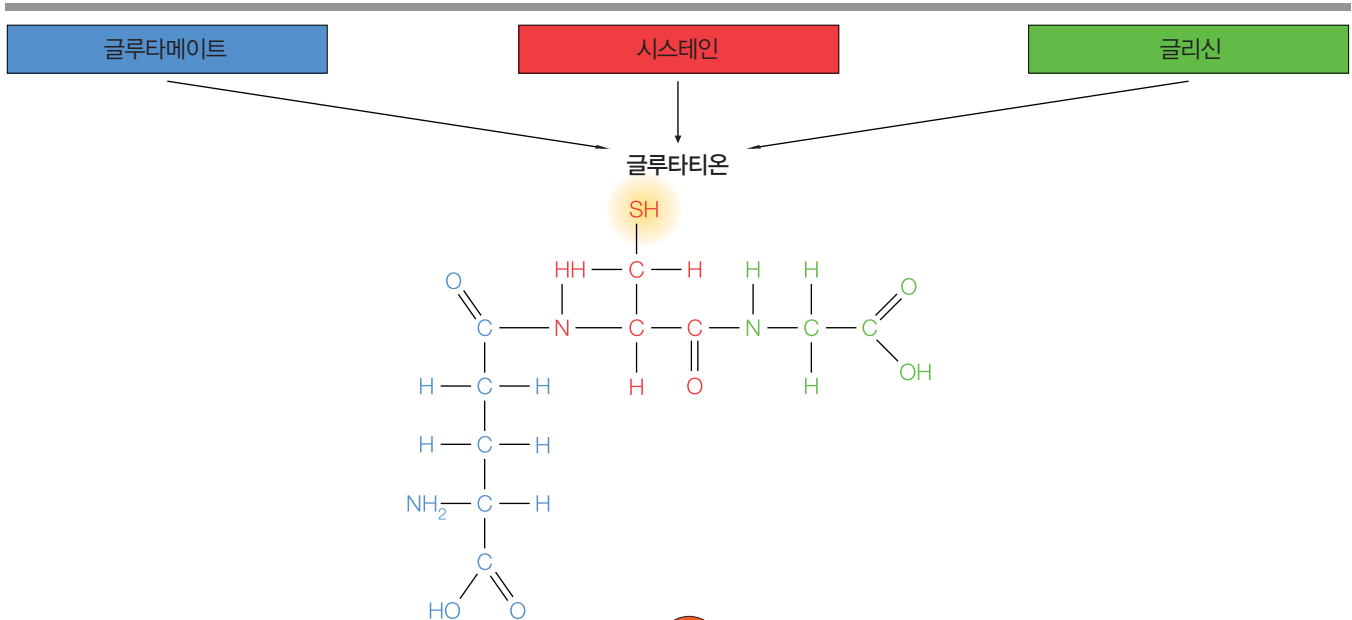
유청 단백질은 시스테인의 풍부한 공급원이다. WPC와 WPI에 포함되어 있는 시스테인 농축물은 다른 양질의 단백질보다 최소 4배 이상 높다.¹⁶ 연구에 따르면 WPC와 WPI 모두 시스테인의 효과적 공급원으로 세포 내 활성 GSH(우호적인 GSH:GSSG 비율)의 농도를 유지해준다.^{8,9,37,39,43} 시판되는 다른 단백질 공급원에 비해, 유청 단백질을 이용했을 때 면역 세포 내 GSH 생성 강화를 통한 면역 반응의 최적화가 이루어진 것이 확인되었다.^{7-14,39,40,44}

유청단백질 면역기능과운동성

운동 전 분지 아미노산 보충제를 섭취할 경우, 림프구 확산의 저하를 막고 운동 후 플라즈마 글루타민 농도가 떨어지는 것을 막을 수 있다는 것이 밝혀졌다.³² 근육 글루타민은 면역 기능을 강화하는 핵심적인 신진대사상의 연료이며 끊임없이 혈액으로 전달된다.⁵³ 분지 아미노산은 근육이 글루타민을 만드는데 이용된다.³² 유청 단백질은 분지 아미노산의 가장 풍부한(그리고 비용 효율적인) 원천이다.⁶² 한 조사에 의하면 WPI 보충제(체중 1 Kg당 1.5g/일)를 11주간 섭취한 경우, 강도 높은 운동 프로그램 중에 저하될 수 있는 플라즈마 글루타민 농도를 유지할 수 있었으며, 카제인과 비교해 근육도 월등하게 강화되었다.²⁰

지구력의 경우, 한 조사에 의하면 WPI 보충제를 6주간 섭취했을때(체중 1 Kg당 1g/일) 6주간의 강도 높은 운동 기간 동안 실험집단에서 나타났던 전혈 및 단핵구 세포 GSH농도의 저하를 막을 수 있었다.^{45,57}

표 1. 글루타티온은 세 개의 아미노산을 이용해 합성된다



면역성 향상을 위한 영양학적 개입

부적절한 단백질(아미노산) 섭취는 면역 기능을 약화시킬 수 있다. 현재까지의 연구에 따르면 건강하고 활동적인 사람들에게 필요한 단백질의 양이 과거에 적절하다고 판단된 수준보다 더 높을 수 있다고 한다.^{5,48} 식단에서 단백질의 비율을 높이는 것은 혈중 지질 농도를 낮추고 인슐린/글루코스 신진대사를 개선함으로써 건강을 증진시키는 안전하고 효과적인 전략이며, 초과체중의 감량을 촉진하는 것으로 알려졌다.²⁸ 건강을 지키고 최적의 면역 기능을 유지하기 위해, 활동적인 사람과 노년층의 경우 식이 단백질 섭취량을 기존의 권장량보다 늘릴 것을 제안하는 연구결과가 나오고 있다.^{5,48} 한편 영양학적으로 균형 잡힌 식사를 하더라도, 식단을 구성하는 단백질의 종류가 면역 반응의 강도에 영향을 준다는 연구 결과도 있다.^{9,63} 다른 단백질 공급원에 비해, 유청 단백질은 GSH 농도를 높이고 면역 기능의 특정 부분을 최적화하는 뛰어난 기능이 있는 것으로 밝혀졌다.

유청 단백질은 체내에 신속하게 흡수되어 기관과 조직에 필수적인 아미노산을 풍부하게 제공해주며, 근육 재생 메커니즘을 자극하게 된다.²³ 운동 전후 20-30g의 WPI와 WPC를 탄수화물과 함께 섭취하는 것이 운동으로 인한 면역 억제의 최소화와 근육 회복을 돕는 가장 이상적인 전략이 된다. 훌륭한 아미노산 프로파일, 흡수 반응속도 및 면역 강화 능력을 갖춘 유청 단백질은 다양한 연령층에 도움을 줄 수 있는 영양 가치가 높은 성분이다. 유청 단백질의 일일 권장 섭취량에 대한 명확한 지침은 아직 나오지 않은 상태이나, 하루에 20g 정도, 체중 1Kg당 하루에 최대 1.5g까지 섭취할 경우 도움이 된다는 연구결과가 있다.



일부 단백질의 필수 아미노산 구성 (mg/단백질 1g 당)

아미노산	총 유청 단백질	FAO AA 산정 방식
이소류신	76	40
류신	118	70
리신	113	55
메티오닌 + 시스테인	52	35
페닐알라닌 + 티로신	70	60
트레오닌	84	40
트립토판	24	10
발린	72	50
총	609	360

출처 : 미국 유청 및 유당 제품 참고 문헌. USDEC.

유청 단백질과 암

역학 데이터에 의하면 암의 발병에 있어 식단이 큰 영향을 미친다고 한다.^{33,34,44,64} GSH 생성을 강화하고 면역 기능을 조절하는 유청 단백질의 특성에 기초해 과학자들은 유청 단백질이 실험의 목적으로 주입한 암종(carcinoma)에 미치는 영향을 조사하게 되었다.

쥐의 경우, WPC(단백질 섭취량의 20%)를 보충한 경우 카제인에 비해 대장 종양 발생률도 낮고 크기도 작은 것으로 나타났다.¹⁰ 이 결과는 몇 년 후 또 다른 일련의 연구에서도 확인되었다.⁴⁴ 이 후기 연구들에 따르면 WPC의 대장 종양 발생에 대한 억제력이 콩 단백질보다 두 배나 강하다. 미국암협회에서는 2004년 미국 내 암으로 사망한 환자 중 대장암이 두 번째로 많으며, 다음으로 유방암, 췌장암, 전립선암의 순서라고 발표했다. 따라서 유청 단백질 보충제에 포함된 항암효과는 특히 사람들에게 중요한 부분이다.

유청 단백질의 항암 속성은 암취의 유방암과 같이 추가적인 악성 종양에 대해서도 입증되었다.³⁴ 한 조사에 의하면, 암의 발병과 재발을 억제하는데 있어 유청 단백질 보충제가 분리 대두 단백질보다 최소한 두 배 이상 효과적인 것으로 나타났다.³⁴

한편 세포 내 GSH 농도를 높이고 항암 작용을 하는 유청 단백질의 독특한 능력은 사람의 전립선 세포에서도 검증되었다.³⁷ 가수분해한 WPI를 처방한 경우 세포 간 GSH가 64% 증가하고 산화로 인한 세포 파괴로부터 세포를 보호해주는 반면, 가수분해한 카제이나트륨을 처방한 경우 세포성 GSH의 증가가 크지 않았다.³⁷

암 연구활동을 통해 유청 단백질 보충제가 세포 내 GSH 농도를 높게 유지하고 발암물질의 해독을 촉진하는 세포 내 항산화 기능을 강화하는 것으로 밝혀졌다.^{10,33,34,44} 이러한 긍정적인 연구결과를 바탕으로, 암을 치료하는데 있어 유청 단백질 보충제가 의약품은 아니지만 보조 치료제로서 인식되기 시작했다.⁷



"자연에서 얻는 약(Natural Medicine)으로 암을 예방하고 치료하는 법"의 저자인 마이클 머레이 박사는 적정 수준의 글루타민을 얻기 위해 암 환자들에게 하루에 두 번 20-30g의 유청 단백질을 섭취할 것을 권장한다. 글루타민과 분지 아미노산(분지 아미노산에 유청 단백질이 풍부함)이 세포 건강과 단백질 합성에 필수적이라고 말한다. 항암화학요법이나 방사선 치료, 수술 등의 항암치료 후 회복에도 유청 단백질이 도움이 된다.



면역을 강화시키는 유청 단백질의 기능

- 분지 아미노산은 근육이 면역 기능을 강화하는 글루타민을 생성할 때만 이용된다. 유청 단백질은 지금까지 알려진 바로 분지 아미노산의 가장 풍부한 공급원이다. 시판되는 유청 단백질 구성(formulation)을 보면 대략6%의 분지 아미노산과 6%의 글루타메이트가 들어있다.¹⁶ 따라서 유청 단백질의 총 아미노산 프로파일 중 30% 이상이 전적으로 근육 글루타민 합성에 들어간다.
- 시스테인은 GHS 형성에 있어 속도 제한 아미노산이다. GHS는 모든 항산화 방어기제의 핵심이며 면역 기능을 구성하는 여러 가지 주요 프로세스를 관장한다. 다른 고품질의 단백질원에 비해 유청 단백질의 아미노산 시스테인 농도(단백질 100g당)는 최소한 4배나 더 높다.
- GHS 수치가 높아지면 면역 기능이 최적화된다. 다른 일반적인 단백질원과 비교해 볼 때, 유청 단백질을 식단에 첨가할 경우 GHS 생성을 촉진하여 면역 기능이 최적화되는 것으로 밝혀졌다.
- 유청 단백질 보충제를 섭취하면 건강한 사람의 경우 격렬한 운동 중에도 GHS 수준이 유지되는 것으로 밝혀졌다. 또한, 운동 능력이나 신체 구성도가 향상된 경우(체지방은 적고 체지방 조직은 많게)도 있었다.

유청 & 땅콩버터
식사 대체용 바(Bar)*
(40% 탄수화물/ 30%
단백질/30% 지방)

원료	%
꿀	18.29
고과당 옥수수 시럽(HFCS)	16.17
초콜릿 코팅	14.89
분리 유청 단백질	11.12
가수분해 분리 유청 단백질	9.79
땅콩버터	8.33
땅콩가루	7.33
다진 땅콩	7.24
복합탄수화물(Maltodextrin)	3.52
비타민/무기질 혼합물	1.68
바닐라 진액	1.03
콩 섬유	0.61
합계	100.00

* DAVISCO FOODS
INTERNATIONAL, Inc의 조제법.



HIV 감염 시 유청 단백질 보충제로부터 얻을 수 있는 혜택

Patrick Micke M.D., 의과대학(Medical Department)
독일 요하네스 구텐베르크 대학(Johannes Gutenberg University)

고품질의 유청 단백질은 아미노산과 생물학적 활성 단백질의 믿을 수 있는 공급원이다. 영양보충제로서 유청은 HIV 감염환자의 단백질이 풍부한 식단을 한층 더 강화하는데 유용하다. 고품질의 유청 단백질 포뮬러(formula)가 다양한 병리학적 상황을 치유할 수 있는 기능이 있음을 보여주는 증거가 늘어나고 있다.

다음의 요약내용에서는 유청 단백질이 HIV 감염환자에게 미칠 수 있는 긍정적인 영향을 비롯해 유청 단백질 보충제를 사용한 임상실험 내용을 다루고 있다. 이 주제에 대한 종합적인 검토자료 전문이 필요할 경우, 미국유제품수출협의회(U.S. Dairy Export Council)에 연락하기 바란다.

고품질의 단백질 보충제가 HIV 감염 환자들을 도울 수 있다

유청 단백질이나 다른 고품질 단백질 보충제를 이용한 임상실험이 거의 없기는 하지만, 고단백 식단이 HIV 환자에게 도움이 될 수 있음을 보여주는 사례가 늘어나고 있다. 30명의 여성 HIV 환자를 대상으로 이들을 무작위로 유청 단백질 그룹, 점진적인 운동(progressive exercise) 그룹 그리고 두 가지 모두 병행한 그룹으로 나누어 실시한 실험에서, 14주가 지나자 유청 단백질 그룹에서는 체중이 늘었으나, 임상적으로 더 이상적인 체세포 질량(신진대사를 활발히 하는 세포의 질량)의 증가는 운동까지 함께 실시한 그룹에서 발견되었다[Agin et al., 2001].

펩타이드 기반의 고단백 식단과 일반적인 식단 그룹을 비교해 무작위로 실시한 연구에서는 펩타이드가 포함된 식단의 임상 결과가 더욱 우수하게 나타났다(제지방 질량이 증가하고 입원 횟수 감소)[Chlebowski et al., 1993]. 체중이 일정하게 유지되는 476명의 환자를 분석한 결과 단백질 섭취와 체세포 질량간의 상관관계가 발견되었다[Williams et al., 2003]. 여전히 최적의 단백질 섭취량과 단백질 공급원에 대한 논란은 지속되고 있지만, 위에서 살펴본 연구결과들은 고품질 단백질 보충제에 대한 논거를 제공해준다.

유청 단백질 보충제는 HIV 감염 시 글루타타민 수치를 회복시켜줄 수 있다

한 시험연구에서 3명의 HIV 혈청 양성 반응(sero-positive) 환자들에게 하루 최대 39g까지 유청 단백질 섭취량을 점진적으로 늘리는 실험을 3개월간 실시했다. 그 결과 혈중 단핵세포 내 GSH의 양이 증가한 환자가 세 명 중 두 명에 달했고 정상치를 회복한 환자도 한 명 있었다[Bounous et al., 1993]. 한편 두 건의 대조 임상 연구가 최근 실시되었다. 우선 이중 맹검법(double blinded)의 형태로, HIV 감염 정도가 심각한 30명의 환자를 무작위로 두 그룹으로 나누어 두 개의 서로 다른 유청 단백질 조제품을 하루에 45g씩 처방했다. 단백질 분말은 일상적인 치료법(90%가 일반적인 병합 요법, antiretroviral therapy) 외에 추가로 한번에 15g씩 하루에 세 번 복용하도록 했다. 시술 전(Pretherapy) 플라즈마 GSH 수치가 크게 낮아졌다. 2주간의 시술 후 두 그룹 모두의 플라즈마 GSH 수치가 정상수준으로 회복되었다[Micke et al., 2001]. 공개 확인 실험에서 18명의 환자에게 보충제 중 하나를 처방했다. 6개월에 걸쳐 GSH 수치가 안정적으로 유지되었다. 그러나 체중이나 T 림프구의 수와 같은 임상 파라미터(parameter)에 미치는 영향은 거의 발견되지 않았는데, 이는 대상 환자의 수가 너무 적었기 때문으로 분석된다.[Micke et al., 2002].

이 보고서들에 따르면 유청 단백질에서 추출한 시스테인이 풍부한 보충제를 섭취하면 심각한 HIV 감염으로 인해 GSH가 부족한 환자들의 플라즈마 GSH 수치를 지속적으로 높여 정상수준을 최대 6개월까지 유지하는 것이 가능하다. 이 시술은 견디어 내기도 어렵지 않았고 임상학적인 부작용도 나타나지 않았다.

고품질 유청단백질은 HIV 감염 시 믿을 수 있는 단백질 보충원이 된다

유청 단백질은 고품질의 단백질 공급원으로 우수한 아미노산 구조를 가지고 있다. 임상 실험 결과 HIV에 감염된 환자들에게 유청 단백질 보충제가 도움이 되는 것이 증명되었다. 그러나 영양학적 처방은 항상 개별 환자의 요구사항과 과거 이력(질병의 현재 상태, 치료법, 신체구성 등)에 따라 개별적으로 이루어져야 한다. 전문적인 의학적 지식이 요구되므로 담당 HIV 의료진의 검토 없이 이러한 처방을 내려서는 안 된다.

References

1. Agin D, Gallagher D, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN Jr, Kotler DP. Effects of whey protein and resistance exercise on body cell mass, muscle strength, and quality of life in women with HIV. *AIDS*. 2001, 15: 2431-2440.
2. Bounous G, Batist G, Gold P. Immunoenhancing property of dietary whey protein in mice: role of glutathione. *Clin Invest Med*. 1989, 12:154-161.
3. Chlebowski RT, Beall G, Grosvenor M, Lillington L, Weintraub N, Ambler C, Richards EW, Abbruzzese BC, McCamish MA, Cope FO. Long-term effects of early nutritional support with new enterotrophic peptide-based formula vs. standard enteral formula in HIV-infected patients: randomized prospective trial. *Nutrition*. 1993, 9: 507-12.
4. Micke P, Beeh KM, Buhl R. Effects of long-term supplementation with whey proteins on plasma glutathione levels of HIV-infected patients. *Eur J Nutr*. 2002, 41:12-18.
5. Micke P, Beeh KM, Schlaak JF, Buhl R. Oral supplementation with whey proteins increases plasma glutathione levels of HIV-infected patients. *Eur J Clin Invest*. 2001, 31: 171-178.

REFERENCES

1. Allison KC ed. *Healthy Eating: A Guide to the New Nutrition*. Harvard Health Report. Harvard Health Publications, 2003.
2. Allison KC ed *Living Better, Living Longer. The Secrets of Healthy Aging*. Harvard Health Report. Harvard Health Publications, 2001.
3. Baladoo A, Reid M, Forrester T, Heird WC, Jahoor F. Cysteine supplementation improves the erythrocyte glutathione synthesis rate in children with severe edematous malnutrition. *Am J Clin Nutr* 76:646-52, 2002.
4. Barringer TA, Kirk JK, Santaniello AC, et al. Effect of a multivitamin and mineral supplement on infection and quality of life. *Ann Intern Med* 138:365-371, 2003.
5. Bos C, Gaudichon C, Tome D. Isotopic studies of protein and amino acid requirements. *Curr Opin Clin Nutri and Metab Care* 51:55-61, 2002.
6. Bounous G, Molson JH. The antioxidant system. *Anticancer Res* 141:1-5, 2003.
7. Bounous G. Whey protein concentrate (WPC) and glutathione modulation in cancer treatment. *Anticancer Res* 20:4785-92, 2000.
8. Bounous G, Batist G, Gold P. Immunoenhancing property of dietary whey protein in mice: role of glutathione. *Clin Invest Med* 12;3:154-61, 1989.
9. Bounous G, Kongshavn PA, Gold P. The immunoenhancing property of dietary whey protein concentrate. *Clin Invest Med* 11;4:271-278, 1988.
10. Bounous G, Papenburg R, Kongshavn PA, Gold P, Fleischer D. Dietary whey protein inhibits the development of dimethylhydrazine induced malignancy. *Clin Invest Med* 11;3:213-7, 1988.
11. Bounous G, Kongshavn PA. Differential effect of dietary protein type on the B-cell and T-cell immune responses in mice. *J Nutr* 115;11:1403-08, 1985.
12. Bounous G, Letoumeau L, Kongshavn PA. Influence of dietary protein type on the immune system of mice. *J Nutr* 113;7:1415-21, 1983.
13. Bounous G, Kongshavn PA. Influence of dietary proteins on the immune system of mice. *J Nutr* 112;9:1747-55, 1982.
14. Bounous G and Kongshavn PK. Influence of Protein Type in Nutritionally Adequate Diets on the Development of Immunity. In *Absorption and Utilization of Amino Acids*, ed. M. Friedman. Boca Raton, FL: CRC Press, Inc. 1989.
15. Brosche T and Platt D. Nutritional Factors and Age Associated Changes in Cellular Immunity and Phagocytosis: A Mini-Review. *Aging: Immunology and Infectious Disease* 6(1):31-42, 1995.
16. Bucci LR & Unlu L. Proteins and amino acids in exercise and sport. In: *Energy-Yielding Macronutrients and Energy Metabolism in Sports Nutrition*. Driskell J, and Wolinsky I. Eds. CRC Press. Boca Raton FL, p197-200, 2000.
17. Cheng YJ, Macera CA, Church TS, and Blair SN. Heart rate reserve as a predictor of cardiovascular and all-cause mortality in men. *Med Sci Sports Exerc* 34;12:1873-1878, 2002.
18. Child RB, Bullock M, Palmer K. Physiological and biochemical effects of whey protein and ovalbumin supplementation in healthy males. *Med Sci Sports Exerc* 35;5:S270, 2003.
19. Clare DA and Swaisgood HE. Bioactive milk peptides: A prospectus. *J Dairy Sci* 83:1187-1195, 2000.
20. Cribb PJ, Williams AD, Hayes A and Carey MF. The effect of whey isolate on strength, body composition and plasma glutamine. *Med Sci Sports Exerc* 34;5:S299, 2002.
21. Cross ML, and Gill HS. Modulation of Immune Function by a Modified Bovine Whey Protein Concentrate. *Immunology and Cell Biology* 77: 345-50, 1999.
22. Cross M L and Gill HS. Immunomodulatory properties of milk. *British J Nutr* 84:S81-S89, 2000.
23. Dangin M, Guillet C, Garcia-Rodenas C, et al., The rate of protein digestion affects protein gain differently during aging in humans. *J. Physiol* 549.2: 635-644, 2003.
24. Deneke SM and Fanburg BL. Regulation of cellular glutathione. *Am J Physiol* 257: L163-L173, 1989.
25. de Wit JN. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. *J Dairy Sci* 81:597-608, 1998.
26. Droge W and Holm E. Role of cyst(e)ine and glutathione in HIV infection and other diseases associated with muscle wasting and immunological dysfunction. *FASEB J* 11:1077-1089, 1997.
27. Enomoto M, Konishi A, Hachimura S, and Kaminogawa S. Milk Whey Protein Fed As a Constituent of the Diet Induced Both Oral Tolerance and a Systemic Humoral Response, While Heat Denatured Whey Protein Induced Only Oral Tolerance. *Clinical Immunology and Immunopathology* 66;2:136-42, 1993.
28. Farnsworth E, Luscombe ND, Noakes M, et al., Effect of a high-protein, energy-restricted diet on body composition, glycemic control, and lipid concentrations in overweight and obese hyperinsulinemic men and women. *Am J Clin Nutr* 78:31-39, 2003.
29. Field CJ. Use of T cell function to determine the effect of physiologically active food components. *Am J Clin Nutr* 71:1720S-1725, 2000.
30. Ford JT, Wong CW, Colditz IG. Effects of dietary protein types on immune responses and levels of infection with *Eimeria vermiformis* in mice. *Immunol Cell Biol* 79;1:23-8, 2001.
31. Gleeson M, Neiman DC, Pedersen BK. Exercise, nutrition and immune function. *J Sports Sci* 22:115-125, 2004.
32. Ha E and Zemel MB. Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people. *Journal of Nutritional Biochemistry* 14; 251-258, 2003.
33. Hakkak R, Korourian S, Ronis MJ, Johnston JM, Badger TM. Dietary whey protein protects against azoxymethane-induced colon tumors in male rats. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 10;5:555-8, 2001.



34. Hakkak R, Korourian S, Shelnutt SR, Lensing S, Ronis MJ, Badger TM. Diets containing whey proteins or soy protein isolate protect against 7,12 dimethylbenz(a)anthracene-induced mammary tumors in female rats. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 9;1:113-7, 2000.

35. Huffan LM and Harper WJ. Maximizing the Value of Milk Through Separation Technologies. *J Dairy Sci* 82:2238-2244, 1999.

36. Irwin M, Thompson J, Miller C, Gillin JC and Ziegler M. Effects of sleep and sleep deprivation on catecholamine and interleukin-2 levels in humans: clinical implications. *J of Clin Endo & Metab* 84;6:1979-1985, 1999.

37. Kent KD, Harper WJ, Bomser JA. Effect of whey protein isolate on intracellular glutathione and oxidant-induced cell death in human prostate epithelial cells. *Toxicol In Vitro* 17;1:27-33, 2003.

38. Kinney JM, Allison SP. Clues to ageing from cells, organs and outer space. *Curr Opin Clin Nutr and Metab Care* 6;1:3-7, 2003.

39. Lands LC, Grey VL, and Smoutas AA. Effect of supplementation with a cysteine donor on muscular performance. *J Appl Physiol* 87:1381-1385, 1999.

40. Low PPL, Rutherford KJ, Gill HS, and Cross ML. Effect of Dietary Whey Protein Concentrate on Primary and Secondary Antibody Responses in Immunized BALB/C Mice. *International Immunopharmacology* 3: 393-401, 2003.

41. Low PPL, Rutherford KJ, Cross ML, Gill HS. Enhancement of Mucosal Antibody Responses by Dietary Whey Protein Concentrate. *Food and Agricultural Immunology* 13;4:255-264, 2001.

42. Lyons J, J. Rauh-Pfeiffer A, Yu YM. Blood glutathione synthesis rates in healthy adults receiving a sulfur amino acid-free diet. *Proc Natl Acad Sci* 97;10:5071-5076, 2000.

43. Mariotti F, Simbelie KL, Makarios-Lahham L, Huneau JF, Laplaize B, Tome D, Even PC. Acute ingestion of dietary proteins improves post-exercise liver glutathione in rats in a dose-dependent relationship with their cysteine content. *J Nutr* 134;1:128-31, 2004.

44. McIntosh GH, Register GO, Le Leu RK, Royle PJ, Smithers GW. Dairy proteins protect against dimethylhydrazine-induced intestinal cancers in rats. *J Nutr* 125;4:809-16, 1995.

45. Middleton N, Jelen P, Bell G. Whole blood and mononuclear cell glutathione response to dietary whey protein supplementation in sedentary and trained male human subjects. *Inter J Food Sci Nutr* 55;2:131-141, 2004.

46. Miralles B, Bartolome B, Amigo L, Ramos M. Comparison of three methods to determine the whey protein to total milk protein in milk. *J Dairy Sci* 83:2759-2765, 2000.

47. Nieman DC. Infection, the Immune System and Exercise. *Encyclopedia of Sports Medicine and Sci* 2004.

48. Parise G & Yarashki KE. The utility of resistance exercise training and amino acid supplementation for reversing age-associated decrements in muscle protein mass and function. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 3: 489-495, 2000.

49. Peterson BK, Herzenberg LA, Vasquez K, Waltenbaugh C. Glutathione levels in antigen-presenting cells modulate Th1 versus Th2 response patterns. *Proc Natl Acad Sci* 95:3071-3076, 1998.

50. Piza FX. Overtraining and Immunity. *Encyclopedia of Sports Medicine and Science* 2004.

51. Ravaglia G, Forti P, Maioli F, et al. Effect of micronutrient status on natural killer cell immune function in healthy free-living subjects aged \geq 90 years. *Am J Clin Nutr* 71(2):590-8, 2000.

52. Redwine L, Hauger RL, Gillin JC, Irwin M. Effects of sleep and sleep deprivation on interleukin-6, growth hormone, cortisol, and melatonin levels in humans. *J Clin Endocrinol Metab* 85;10:3597-603, 2000.

53. Rowbottom DG, Keast D, Morton AR. The emerging role of glutamine as an indicator of exercise stress and overtraining. *Sports Med* 21(2): 80-97, 1996.

54. Seres T, Knickelbein RG, Warshaw JB, and Johnston RJ. The Phagocytosis-Associated Respiratory Burst in Human Monocytes Is Associated with Increased Uptake of Glutathione. *J of Immunol* 165: 3333-3340, 2000.

55. Shimizu K, Matsuzawa H, Okada K, Tazume S, Dosako S, Kawasaki Y, Hashimoto. Lactoferrin-mediated protection of the host from murine cytomegalovirus. *J Archives of Virology* 141;10:1875-1889, 1996.

56. Smithers GW, Ballard FJ, Copeland AD, et al. New opportunities from the isolation and utilization of whey proteins. *J Dairy Sci* 79;8:1454-9, 1996.

57. Torry A, Penkman M, Sellar C, Field C, Jelen P, Bell G. The effect of whey protein supplementation and endurance training on natural killer cell cytotoxic activity in cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 35;5:S100, 2003.

58. Townsend DM, Tew KD and Tapiero H. The importance of glutathione in human disease. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 57 3-4:145-155, 2003.

59. Venketaraman V, Dayaram YK, Amin AG. Role of glutathione in macrophage control of mycobacteria. *Infection and Immunity* 71;4:1864- 1871, 2003.

60. Walrand S, Chambon-Savanovitch C, Felgines C, et al. Aging: a barrier to renutrition? Nutritional and immunologic evidence in rats. *Am. J. Clin Nutr* 72(3): 816-824, 2000.

61. Walsh NP, Blannin AK, Robson PJ, Gleeson M, Glutamine, exercise and immune function. Links and possible mechanisms. *Sports Med* 26;3:177-91, 1998.

62. Walzem RM, Dillard CJ, and German JB. Whey Components: Millennia of Evolution Create Functionalities for Mammalian Nutrition: What We Know and What We May Be Overlooking. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 42;4:353-375, 2002.

63. Wong KF, Middleton N, Montgomery M, Dey M, Carr RI. Immunostimulation of murine spleen cells by materials associated with bovine milk protein fractions. *J Dairy Sci* 81;7:1825-32, 1998.

64. Wong CW, and Watson DL. Immunomodulatory Effects of Dietary Whey Proteins in Mice. *J of Dairy Res* 62: 359-68, 1995.

65. Wu G, Fang Y, Yang S, Lupton JR, and Turner ND. Glutathione Metabolism and Its Implications for Health. *J Nutr* 134: 489-492, 2004.

The U.S. Dairy Export Council would like to extend its appreciation to all who contributed to the development of this monograph, and would like to recognize the contribution of Carla Sorensen of the Whey Protein Institute, 11000 West 78th Street, Suite 220, Eden Prairie, Minnesota, 55344, USA. www.wheyoflife.org



미국유제품 수출협의회 한국사무소
Tel 02-516-6893 Fax 02-516-6753
www.usdec.or.kr